LA PHOTOGRAPHIE EN BALLON ET LA TÉLÉPHOTOGRAPHIE.

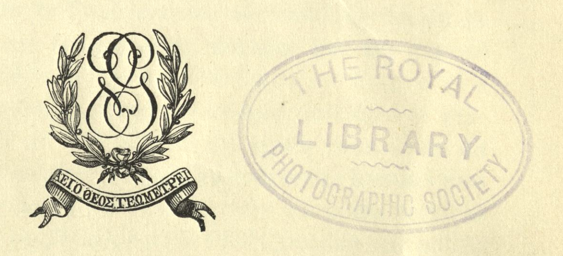
27263 — PARIS, IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
55, Quai des Grands-Augustins.

ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DE LA PHOTOGRAPHIE.
(CONFÉRENCES DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHOTOGRAPHIE.)

LA PHOTOGRAPHIE EN BALLON ET LA TÉLÉPHOTOGRAPHIE,

PAR

H. MEYER-HEINE,
Ancien Capitaine du Génie.



PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE,
ÉDITEUR DE LA BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1899

LA

PHOTOGRAPHIE EN BALLON

ET LA

TÉLÉPHOTOGRAPHIE.

MESDAMES, MESSIEURS,

La Photographie en ballon et la Téléphotographie, tel est le titre de cette conférence.

Les premiers essais de Photographie aérostatique datent du milieu du siècle; il me faudra donc débuter par un exposé historique des expériences qui ont été faites en France et à l'étranger. Je vous indiquerai ensuite ce que doit être le matériel photographique de l'aéronaute et, après vous avoir dit quelques mots des résultats obtenus au moyen de ballons non montés et de cerfs-volants, j'étudierai, avec vous, les services que peut rendre cette application de la Photographie aux points de vue scientifique et militaire, étude qui m'amènera à vous parler de la Téléphotographie.

Exposé historique. — Dès 1855, M. Nadar avait conçu le dessein de lever le terrain au moyen de la Photographie et d'un ballon captif; et, l'année même, il prenait un brevet de *Photographie aérostatique.* Il songeait, de plus, à mettre son procédé au service de l'armée.

« Au point de vue stratégique, dit-il dans les *Mémoires du Géant,* on n'ignore pas quelle bonne fortune c'est, pour un

général en campagne, de rencontrer un clocher de village d'où quelque officier d'état-major dresse ses observations.

» Je portais mon clocher avec moi et, grâce à mon appareil photographique, je pouvais tirer, tous les quarts d'heure, un positif sur verre que je faisais parvenir au quartier général. »

A la même époque paraissait un livre intitulé : *Une dernière annexe au Palais de l'Industrie.* Dans cet Ouvrage de pure fantaisie, parmi les sujets les plus bizarres, tels que les *viandes végétales* et la *force motrice universelle,* l'auteur, M. Andraud, avait réservé un Chapitre à l'*arpentage au daguerréotype.*

« Je n'ai jamais eu la curiosité ni le temps, dit Nadar, de constater si le Livre de M. Andraud avait paru avant ma prise de brevets ou si j'avais pris mes brevets avant la publication du livre. »

Peu importe du reste; nous pouvons dire, avec certitude, que l'idée de prendre des photographies en ballon date de 1855.

Cependant, entre l'éclosion de l'idée et sa réalisation, devaient s'écouler de nombreuses années.

Nadar obtint bien, en 1856, une épreuve du Petit-Bicêtre « très faible et toute tachée », dit-il lui-même; mais, sollicité de se rendre à l'armée d'Italie, il crut devoir, après plusieurs essais infructueux, refuser l'offre qui lui était faite.

Ces insuccès n'ont rien de surprenant, du reste. Songeons, en effet, que le procédé au gélatinobromure qui nous permet d'opérer aux plus grandes vitesses ne devait être connu que vingt ans plus tard.

Aussi faut-il considérer comme un document tout à fait remarquable un cliché obtenu par Nadar au moyen du collodion humide. Sur ce cliché, pris à 200^{m} au-dessus du sol, du haut de la nacelle du ballon captif de l'Hippodrome, on distingue très nettement l'Arc de Triomphe et les différentes avenues qui aboutissent à la place de l'Étoile.

Durant la guerre de Sécession, les Unionistes eurent recours à la Photographie en ballon : c'est, du moins, ce qui est pré-

tendu dans un article du *Journal militaire de Darmstadt* intitulé : *Application à l'art de la Guerre des aérostats et de la Télégraphie*. Le fait se serait passé devant Richmond, mais il m'a été impossible d'en vérifier l'authenticité.

En 1878, M. Dagron, profitant de l'aérostat de Giffard, reprit les expériences de Nadar; mais, le procédé au collodion qu'il employait encore ne lui permettant pas de faire de l'instantané, il se trouva aux prises avec les mêmes difficultés que son devancier et il ne put rapporter, de ses ascensions, qu'une seule épreuve ayant quelque netteté.

C'est vers cette époque que les plaques au gélatinobromure firent leur apparition dans le commerce.

Un architecte, M. Triboulet, songea aussitôt à mettre à profit leur extrême sensibilité. Son expédition, fort bien préparée, ne donna malheureusement aucun résultat, par suite d'un incident assez curieux qui vaut, je crois, la peine d'être conté.

Parti d'Arcueil par un temps fort incertain, son ballon, poussé par le vent du sud, avait pris la direction de Paris. En passant au-dessus de l'Observatoire, M. Triboulet prit une photographie du panorama qui se déroulait sous la nacelle et il se disposait à en prendre une seconde, quand tout à coup une pluie orageuse se mit à tomber.

L'aérostat, chargé d'eau, descendit avec une rapidité telle que, malgré tout le lest jeté, la nacelle ne tardait pas à effleurer la Seine. Des mariniers remorquèrent sur la berge ballon et passagers, mais ces derniers ne devaient pas s'en tirer à si bon compte.

Les employés de l'octroi, apercevant des voyageurs qui avaient pénétré dans Paris sans passer par les portes, se mirent en devoir d'examiner leurs bagages. Quand les châssis leur tombèrent sous la main, ils n'hésitèrent pas un instant : ils les ouvrirent pour en inspecter le contenu. Et c'est ainsi que fut irrémédiablement perdu le cliché pris à 500^{m} d'altitude.

En 1880, M. Paul Desmarets obtint deux clichés des environs de Rouen; l'un à 1100^{m}, l'autre à 1300^{m}. La chambre était munie d'un objectif de Derogy de 0,29 de foyer. L'obturateur,

d'une construction des plus compliquées, fonctionnait électriquement.

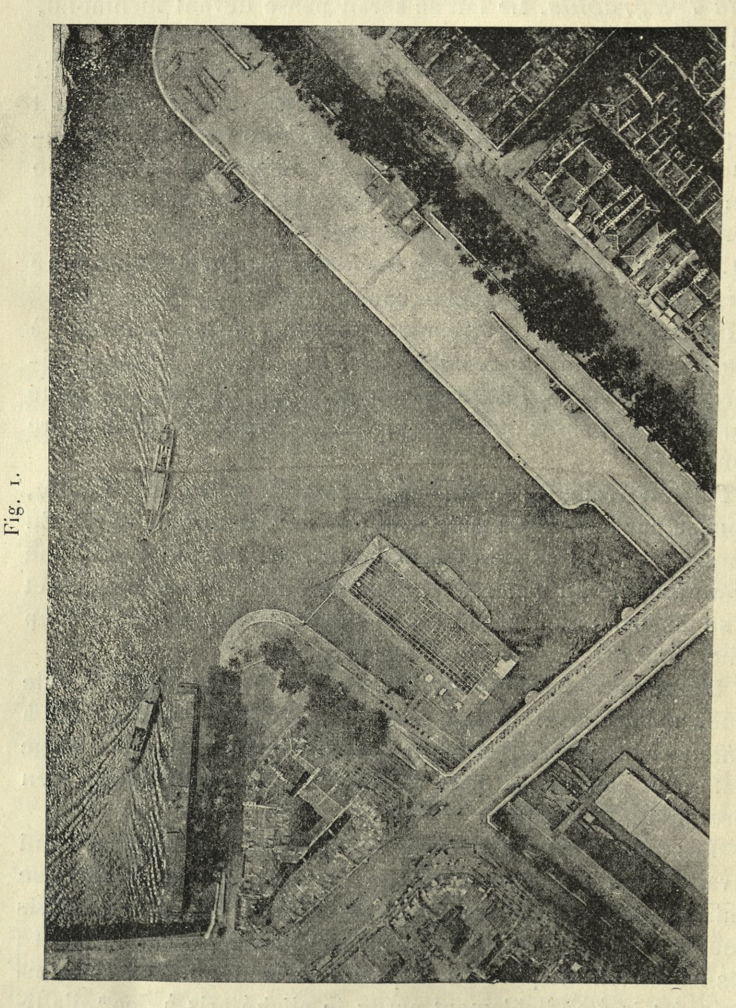


Fig. 1.

L'île Saint-Louis. — Photographie prise par MM. Tissandier et Ducom. (Altitude : 600m.)

Trois ans plus tard, un Anglais, M. Shadbolt, de cinq ascensions successives rapportait de remarquables épreuves. L'une d'elles figure dans les galeries du Conservatoire des Arts et Métiers.

Ces épreuves, quoique fort belles, furent cependant, au point de vue de la perfection, surpassées par celles de MM. G. Tissandier et J. Ducom.

Le 19 juin 1885, ces messieurs partirent, de leur atelier aéronautique d'Auteuil, dans un ballon cubant 1000^{mc}. Leur appareil photographique, disposé sur le bord de la nacelle de manière à pivoter sur un axe, était une chambre de touriste 13×18. L'objectif, un rectiligne rapide de Français, portait un obturateur donnant le $\frac{1}{50}$ de seconde.

Ils prirent sept clichés, dont cinq au-dessus de Paris, entre 600^m et 800^m, et deux dans le département de Seine-et-Marne, entre 1000^m et 1100^m (1).

Tous ces clichés, comme vous avez pu vous en rendre compte par les deux vues qui ont été projetées devant vous, ne laissent rien à désirer au point de vue de la netteté.

MM. Tissandier et Ducom avaient donc démontré qu'il était possible d'obtenir d'aussi bonnes photographies en ballon que sur terre. Aussi, à partir de ce moment, les ascensions exécutées au point de vue photographique deviennent-elles très nombreuses. Je vous citerai les noms de quelques opérateurs seulement, faute de les connaître tous.

En juillet 1885, M. Pinard obtient quatre épreuves de la ville de Nantes et du lac de Grand-Lieu.

Huit jours plus tard, MM. le lieutenant-colonel Renard et le capitaine Georget rapportent d'ascension plusieurs clichés fort remarquables, entre autres une vue du Panthéon que l'on fera tout à l'heure passer sous vos yeux.

Puis, en octobre de la même année, c'est M. Weddel qui photographie successivement la Villette, Ménilmontant et le fort de Vincennes.

Dans le courant de 1880, M. P. Nadar, sous la conduite de M. Tissandier, prend un certain nombre de vues. De leur côté, les officiers du Génie ne restent pas inactifs. M. le lieutenant-colonel Fribourg est l'un de ceux qui ont obtenu les plus

---

(1) Le conférencier projette une vue de l'île Saint-Louis prise à 600^m et une vue de la Roquette prise à 800^m d'altitude.

belles épreuves. Grâce à son obligeance, je puis vous en montrer quelques-unes.

Matériel photographique. — Un certain nombre d'expériences — les premières, tout au moins — ont été exécutées avec des chambres fixées à la nacelle. A mon avis, ce dispositif ne doit être adopté que dans le cas où l'on se propose d'obtenir uniquement des vues verticales. Il est, en effet, certain que, si l'on veut prendre des vues obliques avec un appareil supporté par la nacelle, on sera forcé de le changer fréquemment de place et de se livrer ainsi à des manœuvres fort incommodes au milieu des cordages.

L'opérateur devra, par conséquent, tenir l'appareil à la main; d'où l'obligation de renoncer aux chambres de grandes dimensions.

Une chambre rigide 13×18, un objectif de $0^{m},20$ à $0^{m},25$ de longueur focale, un obturateur robuste, des châssis à rideaux — le tout aussi léger que possible — voilà quel doit être le matériel photographique de l'aéronaute. Mettre en place un châssis demande un temps insignifiant : aussi ne conseillerai-je pas d'avoir recours aux chambres à magasin qui, sous un format supérieur à 9×12, sont toujours lourdes et dont le système d'escamotage peut donner lieu à des enraiements.

Voyons maintenant ce que nous devons exiger de l'obturateur; le $\frac{1}{50}$ de seconde sera, en général, suffisant. Cependant, si le ballon plane à une faible altitude et si la vitesse du vent est supérieure à 12^{m} (d'après le Tableau dressé par le lieutenant-colonel Renard, le fait ne se produit dans nos régions que 20 jours sur 100), il faudra, pour obtenir une image nette, poser un temps beaucoup plus court. Il sera donc bon de munir l'objectif d'un obturateur capable de donner le $\frac{1}{100}$ de seconde.

Le viseur sera formé soit d'un cran de mire et d'un guidon, soit d'un réticule et d'un œilleton, dispositifs qui permettent de viser rapidement dans n'importe quelle direction.

Enfin il est prudent de s'attacher l'appareil au cou au moyen d'une courroie, afin d'être exempt de toute appréhen-

sion de chute. L'emploi de cette courroie permet, de plus, de prendre un point d'appui sur le cou au moment où l'on déclenche l'obturateur et, par conséquent, de donner plus de stabilité à la chambre ([1]).

Un appareil spécial n'est, du reste, aucunement indispensable, et toute chambre d'un format inférieur à 18 × 24 peut être utilisée. Ainsi, j'ai employé, pendant plusieurs années, une chambre de touriste 13 × 18 à soufflet tournant, rendue rigide au moyen d'une planchette. Cette planchette était munie de deux anneaux dans lesquels je passais les porte-mousquetons d'une courroie.

Quant au viseur, il se composait simplement de deux petites vis dont les têtes étaient alignées parallèlement à l'axe de l'objectif.

La mise au point avait été faite une fois pour toutes, bien entendu, sur un objet situé à l'infini ([2]).

Expériences exécutées au moyen de ballons non montés. — Jusqu'à présent, nous n'avons parlé que de la Photographie en ballon monté; or, un aérostat capable d'enlever des passagers est fort volumineux. C'est une dépense considérable à laquelle vient s'ajouter le prix du gonflement. Aussi a-t-on songé à employer des ballons d'un volume plus réduit, suffisants seulement pour enlever une chambre et quelques centaines de mètres d'un câble léger.

Avec de tels aérostats, l'obturateur — cela va sans dire — doit fonctionner automatiquement.

Les premières expériences exécutées ainsi datent, je crois, de 1884. Au cours de cette année, M. Triboulet, en France, et le major Elesdade, en Angleterre, firent un certain nombre d'essais qui, pour le premier, ne donnèrent pas de résultat. Chez nos voisins, au contraire, ils furent, paraît-il, couronnés de succès; ce qui engagea le War Office à les poursuivre, non seulement au moyen de ballons captifs, mais aussi de ballons libres.

([1]) Le conférencier projette un certain nombre de vues obtenues avec des appareils spéciaux.

([2]) Le conférencier projette quelques vues obtenues avec cette chambre.

C'est ainsi que l'administration anglaise fit construire, en 1887, de petits aérostats munis de soupapes spéciales et por-



Fig. 2.

Arras. — Photographie prise en ballon captif, par M. Meyer-Heine, à 200^{m} d'altitude.

tant un appareil photographique relié à un mouvement d'horlogerie. On lançait d'abord des ballons d'essai pour se rendre compte de la direction et de la vitesse du vent. Puis on réglait

le mouvement d'horlogerie de telle sorte que, au moment voulu, l'appareil prît une photographie instantanée. La sou-

Fig. 3.



Troyes. — Photographie prise en ascension libre, par M. Meyer-Heine. (Altitude : 1350m.)

pape était aussitôt déclenchée automatiquement et le ballon retombait.

En 1888, on exécuta de nouvelles expériences au moyen

de ballons captifs. On essaya même de remplacer par des cerfs-volants les aérostats dont l'emploi devient impossible par les vents violents.

Vers la même époque, un officier russe proposa de relier l'appareil photographique à un poste d'observation, au moyen d'un câble électrique. Sur l'aérostat, était tracée une méridienne visible de ce poste; et, lorsque la ligne de repère se trouvait dans la direction voulue, on faisait jouer l'obturateur.

En 1891, le capitaine Deburaux a fait à Versailles quelques essais avec un ballon cubant une soixantaine de mètres. Le déclenchement de l'obturateur était obtenu au moyen d'une mèche à temps, et une suspension analogue à la suspension captive Renard donnait à l'appareil une direction sensiblement fixe.

D'autres tentatives ont encore été exécutées en France et en Allemagne; mais les résultats n'ont pas, en général, répondu aux espérances des inventeurs. Quels que soient, en effet, la méthode de déclenchement et le mode de suspension adoptés, on n'est, dans aucun cas, maître absolu de l'appareil et l'on photographie souvent tout autre chose que ce que l'on voulait prendre.

Je ne m'étendrai donc pas davantage sur la Photographie en ballon non monté. Pour ce qui est de l'emploi du cerf-volant, que je citais tout à l'heure, je vais en dire quelques mots, car c'est un procédé à la portée de tous, susceptible, entre des mains habiles, de donner des résultats intéressants.

Emploi du cerf-volant. — En France, deux personnes se sont plus spécialement occupées de la question : ce sont MM. Batut et Wenz.

Les premières expériences de M. Batut datent de 1889; celles de M. Wenz sont plus récentes.

Je ne m'occuperai que de l'appareil photographique proprement dit. Pour ce qui est de la construction du cerf-volant, je renverrai à un petit Ouvrage de M. Batut intitulé : *La Photographie aérienne par cerf-volant* [1], et à deux articles, l'un

---

(1) Batut (A.), *La Photographie aérienne par cerf-volant*. In-18 jésus, avec figures et 1 planche; 1890 (Paris, Gauthier-Villars).

de M. Wenz, paru dans le journal *l'Aéronaute* (1), l'autre de M. Batut, paru dans le journal *la Nature* (2).

La chambre noire, qui est formée d'une simple boîte en bois, ne fait pas corps avec le cerf-volant; elle est suspendue dans la bride, comme le montrent les *fig.* 4 et 5. Dans

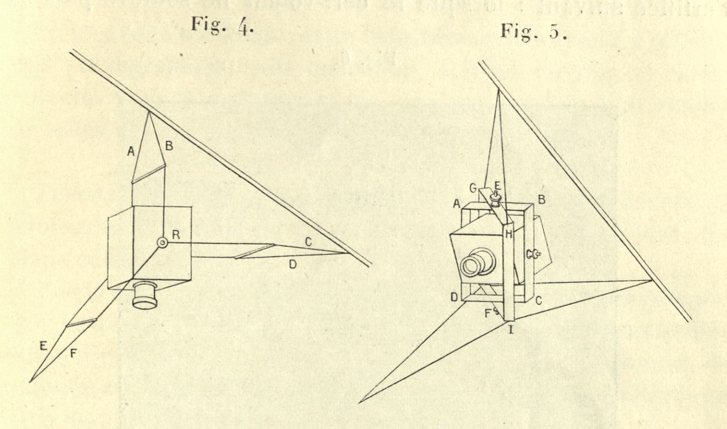


Fig. 4. Fig. 5.

la *fig.* 4, la chambre est disposée pour prendre des vues verticales. Le dispositif indiqué dans la *fig.* 5 permet de donner une inclinaison quelconque à la chambre, non seulement par rapport à l'horizon, mais aussi par rapport au plan du cerf-volant.

Le déclenchement de l'obturateur est obtenu soit électriquement, soit par la combustion d'une mèche.

A l'appareil photographique, M. Batut joint deux dispositifs permettant de noter son inclinaison et son altitude.

L'inclinaison est donnée par l'image d'un petit pendule oscillant à l'intérieur de la chambre devant une pellicule sensible.

Quant à l'altitude, elle est inscrite par l'aiguille d'un baromètre anéroïde dont le cadran a été remplacé par une rondelle de papier au gélatinobromure. Ce baromètre est enfermé dans une petite chambre noire percée d'une ouverture, laquelle

---

(1) Numéro d'octobre 1897.
(2) Numéro du 2 janvier 1897.

est fermée par un obturateur. Il suffit de munir cet obturateur et celui de l'appareil de mèches de même longueur, pour que la lumière pénètre au même instant dans les deux chambres (¹).

Un cerf-volant ne peut guère s'élever à plus de 300^{m}. Pour atteindre des hauteurs plus considérables, M. Wenz emploie l'artifice suivant : lorsque le cerf-volant ne soulève plus sa

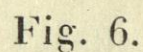
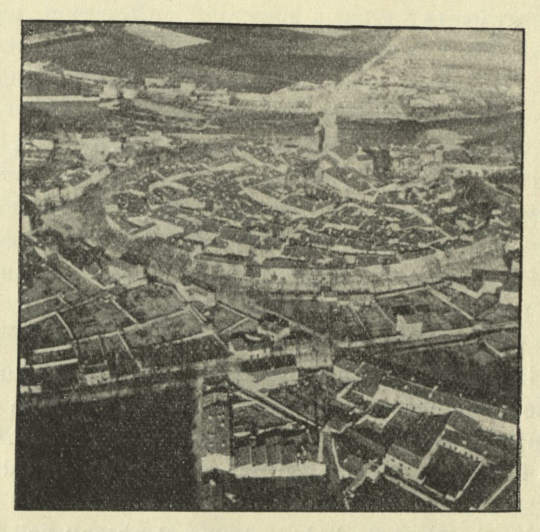


Fig. 6.



Labruguière. — Photographie obtenue par M. Batut à l'aide d'un cerf-volant. (Hauteur: 230^{m}.)

corde qu'avec peine, il en lâche un second avec une centaine de mètres de ficelle, mais tout à fait indépendant de l'autre. Quand celui-ci est bien en l'air, il l'amarre sur la corde du premier et continue à dévider cette dernière qui, à elle seule, maintient les deux, jusqu'à ce que l'addition d'un troisième se fasse sentir. On procède de la même façon pour un quatrième, etc.

A l'Observatoire de Blue-Hill (États-Unis), on a recours à

(¹) Le conférencier projette un certain nombre de vues obtenues par MM. Batut et Wenz.

cette méthode, dite *des cerfs-volants conjugués,* pour enlever dans l'atmosphère des appareils météorologiques.

Applications de la Photographie en ballon.

Nous avons passé en revue les différents moyens d'obtenir des photographies, soit en ballon, soit au moyen de cerfs-volants. Voyons maintenant les services que peuvent rendre de telles photographies.

Levers du terrain. — Lorsque Nadar prit ses brevets de photographie aérostatique, il avait surtout en vue de lever les plans cadastraux.

Voici, en effet, ce qu'il dit dans les *Mémoires du Géant :*

« Cette œuvre gigantesque du cadastre, avec son armée d'ingénieurs, d'arpenteurs, de chaîneurs, de dessinateurs, de calculateurs, a demandé trente ans de travail et plus pour être mal faite.

» Cette œuvre, aujourd'hui, avec le même personnel, je peux l'achever en trente jours et l'achever parfaite.

» Un bon aérostat captif et un bon appareil photographique à objectif renversé, voilà mes seules armes....

» Et quelle simplicité de moyens! Mon ballon, maintenu captif à une hauteur toujours égale de 1000^{m}, je suppose, sur des points strictement déterminés à l'avance, relève, d'un coup, un million de mètres carrés, et comme dans une journée on peut, en moyenne, parcourir dix stations, je lève le cadastre de 1000 hectares en un jour, à peu près la surface d'une commune.

» Voici l'arpentage au daguerréotype, le véritable état de lieux qui fait foi pour la délimitation des héritages. »

La méthode semble bien séduisante, mais sa simplicité n'est qu'apparente.

D'abord, par quels moyens maintenir « à une hauteur toujours égale de 1000^{m} », surtout au-dessus de points « strictement déterminés à l'avance », un appareil aussi mobile qu'un aérostat? De plus, sauf le point central qui se trouve sur le

prolongement de l'axe optique, tous les points du terrain sont représentés sur l'épreuve en projection conique; il en résulte que, si le terrain n'est pas rigoureusement horizontal, il est impossible, avec une seule épreuve, de rétablir la planimétrie exacte.

Il faudra, pour déterminer chaque point intéressant, le voir au moins de deux stations différentes et le retrouver sur deux clichés au moins. Et si, comme on doit le faire dans toute opération topographique sérieuse, on veut pouvoir exécuter des vérifications, il faudra encore voir ce point d'une troisième station et le retrouver sur un troisième cliché.

Cette obligation entraîne une multiplication considérable du nombre des stations et nous conduit bien loin des chiffres indiqués par Nadar.

Bref, cette méthode qui, à première vue, paraît si simple, devient des plus compliquées du moment où l'on veut procéder avec exactitude. Aussi ne doit-elle pas être considérée comme une méthode topographique régulière, mais comme un procédé dont on pourra se servir, dans des circonstances particulières, pour obtenir des levers plus ou moins expédiés, — dans le cas d'explorations, par exemple. Et je ne parle pas seulement des explorations en ballon où son emploi est tout indiqué, mais des explorations en général. Il est, en effet, un instrument d'une construction facile et peu coûteuse, auquel les voyageurs pourront avoir recours pour obtenir des vues étendues du terrain : le cerf-volant.

Il ne leur sera même pas nécessaire de s'astreindre à prendre des photographies suivant la verticale, car M. le colonel Laussedat a indiqué un procédé de restitution des plans au moyen de vues prises sous des angles quelconques; mais cela exige quelques explications et je vous demanderai l'autorisation d'ouvrir ici une parenthèse.

Métrophotographie. — Une photographie est une perspective dans laquelle la distance du point de vue au tableau est égale à la longueur focale de l'objectif.

Considérons d'abord le cas le plus simple : celui où le plan du tableau est vertical.

Rabattons le point de vue sur ce plan en le faisant tourner autour de la ligne d'horizon et joignons le point ainsi obtenu aux projections, sur la ligne d'horizon, des points remarquables de la perspective; nous aurons ainsi les angles des rayons visuels réduits à l'horizon.

Je vais montrer qu'à l'aide de deux perspectives du même paysage ainsi préparées, il est fort aisé de restituer le plan de ce paysage; il suffit de les combiner d'après les procédés ordinaires de la Topographie.

Voici ([1]), par exemple, une restitution d'une face du fort de Vincennes (*fig.* 7), obtenue au moyen de deux vues dessinées en 1850, à la chambre claire, par M. le colonel Laussedat. Ces deux vues sont orientées l'une par rapport à l'autre et par rapport à la base AB, aux extrémités de laquelle elles ont été prises. Il suffit de jeter un coup d'œil successivement sur les deux images pour y reconnaître le même point et pour voir que la position de ce point, sur le plan, en résulte très simplement.

Quant au nivellement, il s'exécute en calculant la différence de niveau du point considéré avec l'une des stations qui ont servi à le construire. Si nous désignons par x cette différence de niveau, nous voyons qu'elle est, par rapport à la distance horizontale l, exprimée en mètres, du point considéré à la station, ce que la hauteur apparente h de ce point est par rapport à la longueur projetée m du rayon visuel jusqu'à la ligne d'horizon

$$\frac{x}{l \text{ mètres}} = \frac{h}{m}.$$

Les cotes du terrain ainsi déterminées permettront de tracer les courbes de niveau. Le problème de la transformation des vues perspectives dessinées sur des plans verticaux en plans topographiques étant résolu, il ne reste qu'une chose à faire pour rendre cette solution applicable aux vues photogra-

---

([1]) D'après *L'Iconométrie et la Métrophotographie,* conférence faite au Conservatoire des Arts et Métiers par M. le colonel Laussedat le 28 février 1892.

phiées : obtenir ces dernières dans des conditions de précision géométrique suffisante.

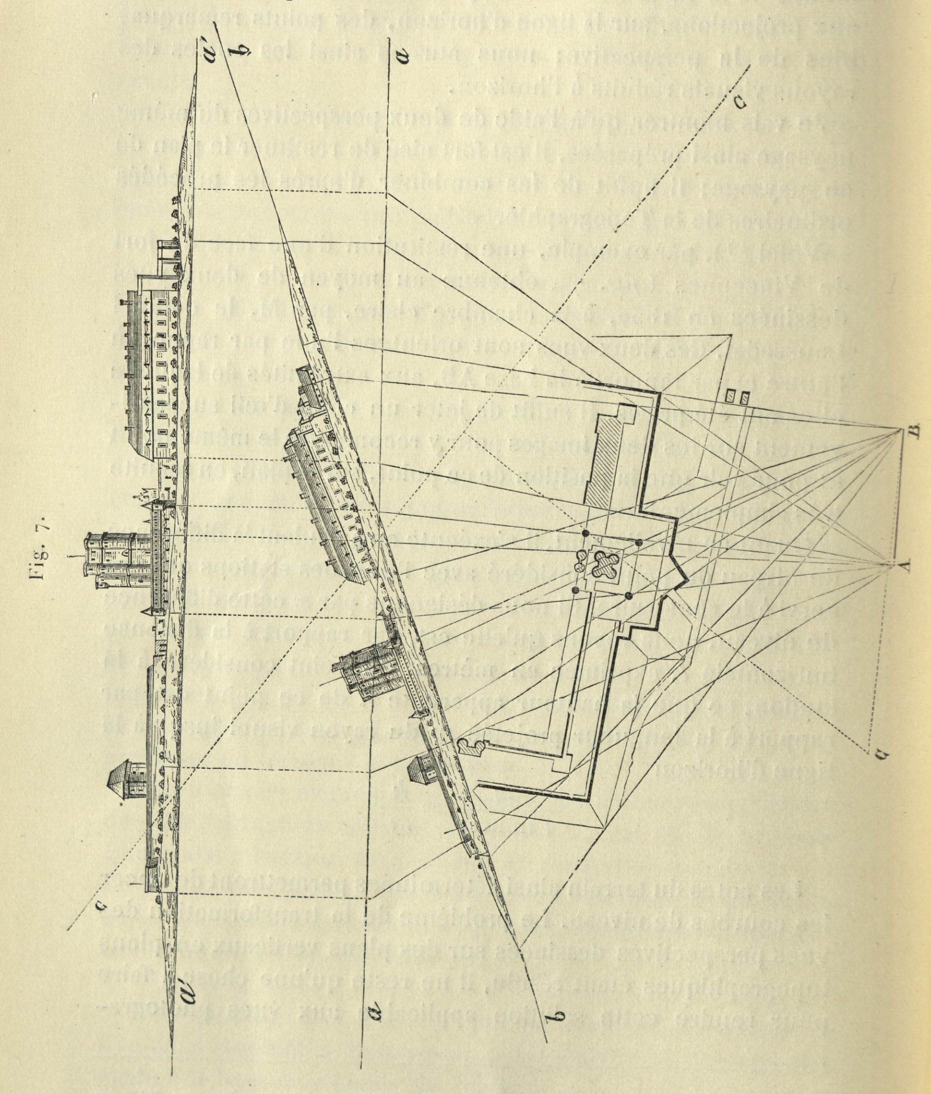


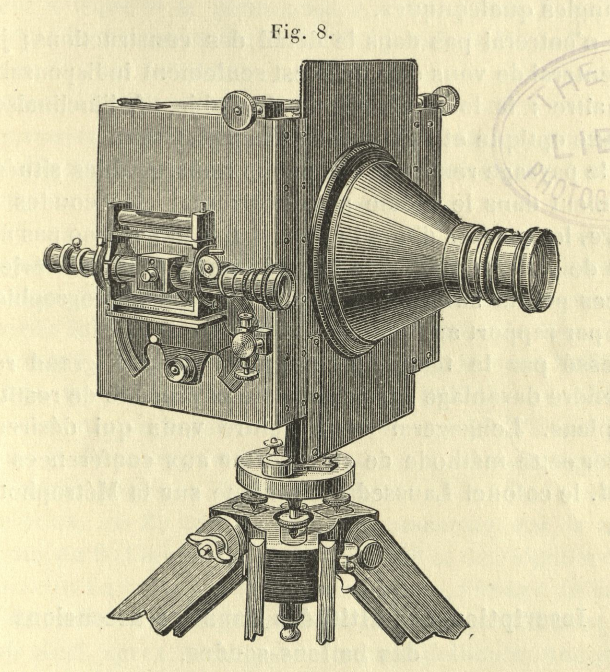
Fig. 7.

C'est le but que s'est proposé d'atteindre M. le colonel Laussedat, aussitôt que les procédés photographiques sont

devenus assez simples pour permettre d'entreprendre sérieusement des opérations suivies sur le terrain.

Voici une reproduction ([1]) de la première chambre obscure topographique dont s'est servi le savant directeur du Conservatoire et je puis vous en montrer un modèle réduit plus récent (*fig.* 8). C'est au moyen d'un tel appareil qu'en

Fig. 8.



mai 1861 M. le colonel Laussedat a levé le village de Buc et le Mont-Valérien et que, de 1864 à 1868, M. le commandant Javary a reconnu ou levé 720^{kmq}.

En Italie, l'Institut géographique a entrepris, depuis 1878, d'exécuter la Carte des Alpes au moyen de la *Phototopographie,* nom donné par nos voisins à la Métrophotographie.

Au Canada, la méthode est appliquée, depuis 1888, avec succès. Grâce à l'obligeance de M. le colonel Laussedat, je puis faire projeter devant vous quelques spécimens des levers

---

([1]) Le conférencier projette une photographie de cet appareil.

exécutés, dans les Montagnes Rocheuses, sous l'habile direction de M. Deville.

La Métrophotographie, telle que je viens de l'esquisser, ne permet d'utiliser que les vues obtenues sur des plans verticaux. M. le colonel Laussedat a modifié la méthode pour la rendre applicable aux photographies aérostatiques prises sous des angles quelconques.

Je n'entrerai pas dans le détail des constructions; je me contenterai de vous dire qu'il est seulement indispensable de connaître : la longueur focale de l'objectif, l'inclinaison de son axe optique et l'altitude de chaque station.

Si le paysage renferme des points remarquables situés sensiblement dans le même plan horizontal (les coudes d'une rivière, les pointes d'une île, etc.), il n'est même pas nécessaire de relier entre elles les différentes stations aériennes, car ces points suffiront pour orienter les photographies les unes par rapport aux autres.

Pressé par le temps, je ne puis, à mon grand regret, m'étendre davantage sur cet ingénieux procédé de restitution des plans. J'engagerai ceux d'entre vous qui désireraient étudier cette méthode de se reporter aux conférences faites par M. le colonel Laussedat lui-même sur la Métrophotographie.

Inscription des altitudes dans les ascensions des ballons-sondes.

Il est une application toute récente de la Photographie aérostatique dont je désirerais vous entretenir : la détermination des hauteurs atteintes par les ballons-sondes.

Depuis quelques années, MM. Hermite et Besançon ont entrepris l'exploration des hautes régions de l'atmosphère au moyen de petits ballons. Ces aérostats minuscules emportent des appareils enregistreurs : baromètre, thermomètre et hygromètre. Mais les indications du baromètre ne permettent pas de déterminer les altitudes d'une façon précise. Deux causes d'erreur interviennent, en effet, pour altérer la correc-

tion de ces indications : d'une part, l'inertie de l'instrument, d'autre part, la connaissance imparfaite de la loi suivant laquelle la marche du baromètre varie avec l'altitude dans les régions élevées de l'atmosphère.

Or, en comparant une vue du terrain prise verticalement avec une carte de ce terrain, on peut aisément calculer la hauteur à laquelle la photographie a été prise. Il suffit de connaître la longueur focale de l'objectif et l'échelle de la carte.

Si donc le ballon emporte une chambre fonctionnant automatiquement à des intervalles de temps égaux, on pourra, après développement des clichés, déterminer les hauteurs atteintes en chaque point de la trajectoire.

Voici un schéma (*fig.* 9) de l'appareil enregistreur construit par M. Gaumont, sur les indications de M. Cailletet :

Cet appareil se compose d'une caisse de bois [1] suspendue à la partie inférieure du ballon, et à l'intérieur de laquelle un mouvement d'horlogerie MH dévide dans le sens horizontal et fait poser à de courts intervalles une pellicule sensible. La face inférieure de la caisse porte, en O, une lentille qui donne une image du paysage sur la pellicule en S. La face supérieure de la caisse porte, en B, un baromètre anéroïde et, un peu au-dessous, en Z, une lentille qui concentre sur la même pellicule, en S, l'image du cadran gradué et de l'aiguille de cet instrument. La pellicule étant transparente, l'image du cadran et de l'aiguille se superpose à celle du paysage. On peut donc obtenir ainsi, après développement de la pellicule, une photographie dont la hauteur de prise se calcule d'après les deux éléments suivants dont elle est fonction :

1° Le rapport entre une distance connue à terre et la reproduction de cette distance sur le phototype;

2° La distance focale principale de l'objectif.

Je ferai seulement observer que, si la droite choisie sur la carte est fortement inclinée, on devra tenir compte de la différence de niveau de ses extrémités; car il ne faut pas

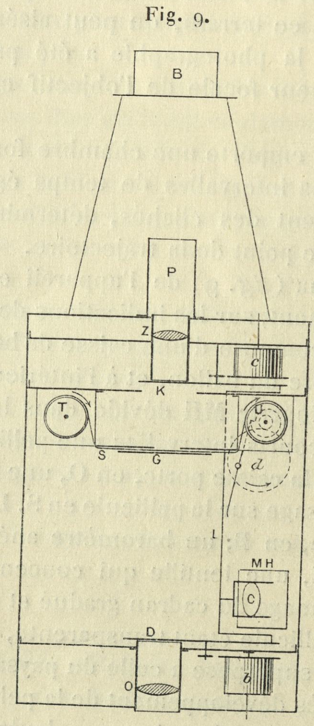
---

(1) Description extraite de la *Revue des Sciences pures et appliquées*.

perdre de vue que tous les points du terrain sont représentés sur l'épreuve en projection conique.

L'appareil est disposé de telle sorte que, toutes les deux minutes, la pellicule sensible vienne poser devant les lentilles

Fig. 9.



Détails de l'appareil pour l'enregistrement photographique des altitudes.

B, baromètre anéroïde; O, Z, objectifs; D, K, obturateurs; MH, mouvement d'horlogerie; C, came; L, levier de déclenchement; S, pellicule; T, U, bobines-magasins; G, glace maintenant la pellicule parfaitement plane; *b*, *c*, barillets commandant les obturateurs; *d*, barillet commandant la bobine U; P, tube protégeant l'objectif Z des rayons du soleil.

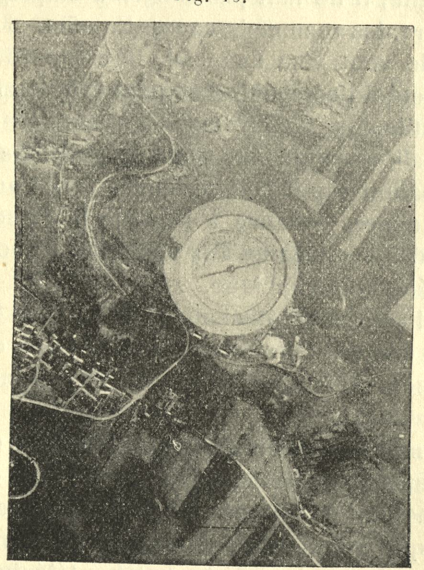
O et Z pendant un temps très court, durant lequel les obturateurs D et K sont ouverts.

Les obturateurs circulaires sont montés sur un axe actionné par un barillet. Le déclenchement simultané des obturateurs est obtenu par un levier L, qui commande aussi la mise en

marche d'un barillet plus puissant que les précédents monté sur l'axe de la bobine réceptrice de la pellicule U. Ce levier L est animé d'un mouvement alternatif par la came C dépendant du mouvement d'horlogerie MH. Bien entendu, le déclenchement des obturateurs a été réglé par construction pour opérer, entre deux expositions, le changement de la pellicule impressionnée.

Enfin, pour déterminer sur chaque épreuve le retrait ou l'allongement qui peuvent se produire à la fin des différentes manipulations photographiques, la glace G porte, gravés au

Fig. 10.



Photographie prise avec l'appareil enregistreur de M. Cailletet.
(Altitude : 1450m.)

diamant sur la surface en contact avec la pellicule, des traits qui sont reproduits sur un phototype.

Remarquons, avant d'achever, que les indications du baromètre permettant de déterminer l'échelle à laquelle chaque vue a été prise, il est facile, en tenant compte de l'heure de départ et de l'orientation des ombres sur le terrain, de trouver

rapidement sur la carte les surfaces qui ont été photographiées ([1]).

Applications de la Photographie aérostatique en temps de guerre.

Plaçons-nous maintenant au point de vue exclusivement militaire.

Les parcs aérostatiques accompagneront les armées en campagne et figureront dans les sièges.

En campagne, il ne faut pas songer à employer le ballon libre pour faire des reconnaissances. En effet, si l'aérostat est poussé par le vent vers l'ennemi, il est perdu ; est-il, au contraire, rejeté du côté ami, il ne peut rapporter aucun renseignement utile.

Reste le ballon captif. Or, pour ne pas être rapidement anéanti, un ballon captif doit se tenir à 5000^m au moins des batteries ennemies, distance à laquelle la Photographie ne peut rendre des services qu'à la condition d'avoir recours à un appareil téléphotographique.

Avec un tel appareil, l'officier chargé de faire les observations prendra des vues des ouvrages importants ou des positions solidement défendues que, grâce à sa jumelle, il aura découverts.

Nous voyons donc qu'en campagne l'emploi de la Photographie aérostatique n'est possible que si l'on dispose d'un appareil permettant de prendre des vues à grande distance. Je dois ajouter que les nacelles d'un parc de campagne étant fort petites, les dimensions de la chambre téléphotographique sont limitées et que, par conséquent, il ne faut pas compter sur un grossissement considérable.

Il n'en est pas de même dans la guerre de forteresse. L'assiégé ne pourra évidemment avoir recours qu'au ballon captif; mais il aura la faculté de construire un aérostat assez

---

([1]) Le conférencier projette un certain nombre de photographies obtenues avec l'appareil Cailletet.

volumineux pour permettre à l'opérateur de se mouvoir à l'aise dans la nacelle et d'emporter un appareil téléphotographique puissant.

Quant à l'assiégeant, il lui sera possible d'employer, non seulement les ballons captifs, mais aussi les ballons libres. En effet, quoi de plus facile pour lui que de lâcher un aérostat au-dessus de la ville investie, puisqu'il occupe tout le pays environnant la place?

Aussitôt après la traversée, l'aéronaute jettera l'ancre et, de sa reconnaissance, il rapportera des vues donnant, avec une exactitude parfaite, la forme et la position des forts, les emplacements des batteries défilées, des magasins à poudre, etc.; renseignements dont l'importance n'échappera à personne.

Pour nous résumer, en campagne, utilité de la Téléphotographie seulement. Dans la guerre de siège, emploi utile de la Photographie aérostatique, aussi bien au moyen de chambres ordinaires que d'appareils téléphotographiques.

Téléphotographie.

Je vous ai parlé à différentes reprises de la nécessité où l'on se trouverait, à la guerre, d'avoir recours aux appareils téléphotographiques.

De tels appareils permettent de photographier les objets éloignés avec des dimensions supérieures à celles qu'ils présentent à l'œil nu. En d'autres termes, la Téléphotographie est à la Photographie ordinaire ce que la vision à travers les lunettes est à la vision directe.

Avant de passer à l'étude des systèmes ou combinaisons de systèmes optiques à l'aide desquels on peut obtenir des vues à grande distance, définissons le grossissement.

Dans les instruments d'optique, on appelle *grossissement* le rapport du diamètre apparent de l'image au diamètre apparent de l'objet, ce dernier étant supposé dans les conditions de la contemplation directe.

Si nous désignons :

Par O la dimension de l'objet,

Par D sa distance,
Par I la dimension de l'image,
Par Δ la distance minimum de vision distincte,
Par γ le grossissement,

nous aurons

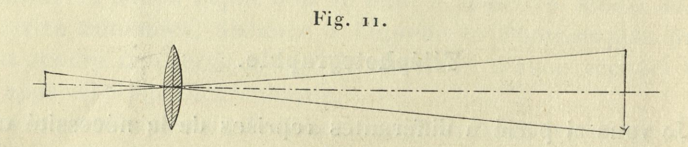
$$\gamma = \frac{I}{\Delta} : \frac{O}{D} = \frac{I}{O} \cdot \frac{D}{\Delta}.$$

Appareils téléphotographiques. — Les appareils téléphotographiques peuvent se grouper en deux catégories :

Les chambres munies d'un objectif à très long foyer;
Les chambres munies d'un téléobjectif.

Occupons-nous d'abord des objectifs à long foyer. Ici, le grossissement est proportionnel à la longueur focale de l'objectif. En effet, l'objet étant très éloigné, son image se

Fig. 11.



forme sensiblement au foyer principal (*fig.* 11). Nous aurons donc $\frac{I}{O} = \frac{F}{D}$, en appelant F la longueur focale.

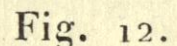
Le grossissement γ devient alors égal à $\frac{F}{\Delta}$.

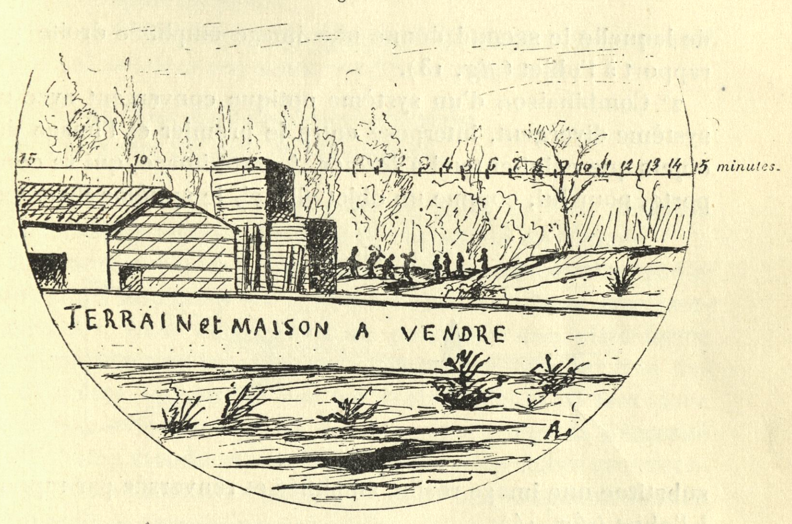
Si nous adoptons $0^m,25$ pour la distance normale de vision distincte, nous voyons que des objectifs de $0^m,25$, $0^m,50$, 1^m, correspondent à des grossissements de 1, 2, 4.

Pour obtenir, avec de tels objectifs, des grossissements considérables, on serait conduit à des dimensions inacceptables. Ainsi, un grossissement de 40 exigerait un appareil de 10^m de longueur.

Il faut alors avoir recours aux téléobjectifs, lesquels, pour un même grossissement, exigent une longueur d'appareil moindre que les objectifs ordinaires.

En 1850, à une époque où les procédés photographiques ne permettaient pas d'obtenir des vues amplifiées, M. le colonel Laussedat avait pu dessiner le sommet du donjon de Vincennes à l'aide d'une lunette terrestre, derrière l'oculaire de laquelle il avait disposé une chambre claire. Cet appareil, qu'il avait nommé *télémétrographe,* lui permit, pendant le


Fig. 12.



siège de Paris, de prendre des vues des ouvrages exécutés par les Allemands autour de la capitale. Le gouverneur était ainsi tenu régulièrement au courant des travaux de l'ennemi.

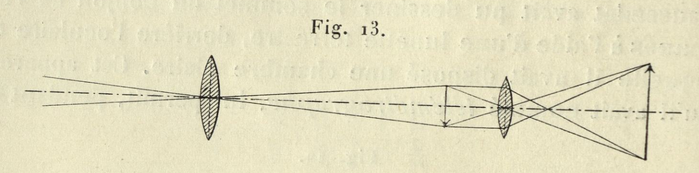
D'autre part, en 1860, M. Warren de la Rue et le colonel Laussedat avaient photographié les phases de l'éclipse solaire du 18 juillet au moyen d'appareils spécialement construits pour l'observation du phénomène.

Mais c'est seulement dans ces dernières années que l'on est parvenu à photographier d'une façon satisfaisante, au moyen de téléobjectifs, les objets terrestres situés à de grandes distances.

Téléobjectifs. — Les téléobjectifs appartiennent à deux types différents :

1° Combinaison de deux systèmes optiques convergents. Le premier donne une image réelle et renversée de l'objet,

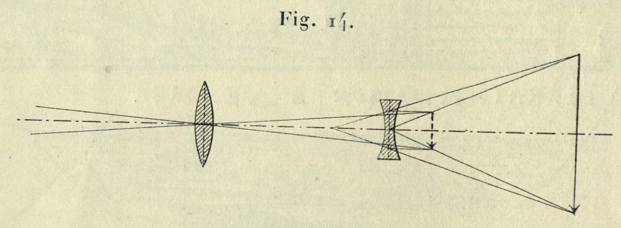
Fig. 13.



de laquelle le second donne une image amplifiée droite par rapport à l'objet (*fig.* 13).

2° Combinaison d'un système optique convergent avec un système divergent, interposé entre le premier et l'image des objets que celui-ci tend à former. A cette image, qui se comporte, pour lui, comme un objet virtuel, le système divergent

Fig. 14.



substitue une image réelle, amplifiée et renversée par rapport à l'objet (*fig.* 14).

Si l'on déplace l'oculaire d'une longue-vue de façon à transformer l'image virtuelle en image réelle, l'instrument devient un téléobjectif; — téléobjectif imparfait, il est vrai, puisqu'une longue-vue n'est pas achromatisée pour la Photographie.

M. Lacombe, en opérant ainsi, a obtenu en 1886 des photographies qui, pour ce motif, laissaient beaucoup à désirer au point de vue de la netteté.

MM. les lieutenants-colonels Fribourg et Allotte de la Füye ont expérimenté avec succès des téléobjectifs formés de deux systèmes convergents. M. Allotte de la Füye a même cherché à utiliser les différentes longues-vues employées dans l'armée : lunette d'état-major, lunette de batteries de côtes, etc. Il y est parvenu en plaçant un écran jaune devant l'objectif, afin

d'arrêter les rayons violets, et en se servant de plaques orthochromatiques sensibles au jaune ([1]).

La Téléphotographie en ballon. — Nous avons passé en revue les différents types d'appareils permettant de photographier les objets situés à de grandes distances.

Revenons maintenant au sujet principal de cette conférence : la Photographie en ballon.

Quel appareil téléphotographique doit adopter l'aéronaute? Celui qui satisfera aux deux conditions suivantes :

1° Ne pas être d'une longueur exagérée;
2° Permettre de faire de l'instantané.

De plus, si nous nous plaçons au point de vue militaire, une troisième condition s'impose : la netteté de l'image.

Les deux dernières conditions ne sont compatibles que si l'on réduit le champ ou si l'on renonce aux forts grossissements. Or, viser exactement un point sur une plate-forme aussi mobile que la nacelle est chose très difficile; cela devient même impossible par les vents violents. Il faut donc avoir une certaine latitude dans la visée : d'où la nécessité d'un champ étendu et, par conséquent, d'un faible grossissement. Nous savons, en effet, que, pour une longueur donnée d'appareil, le grossissement varie en raison inverse du champ.

On ne doit pas, du reste, attacher une trop grande importance au grossissement; car, si l'image est d'une netteté parfaite, les détails en seront aisément perceptibles à la loupe.

Les téléobjectifs satisfont à la première condition : ils n'exigent pas une longueur de chambre considérable. Mal-

---

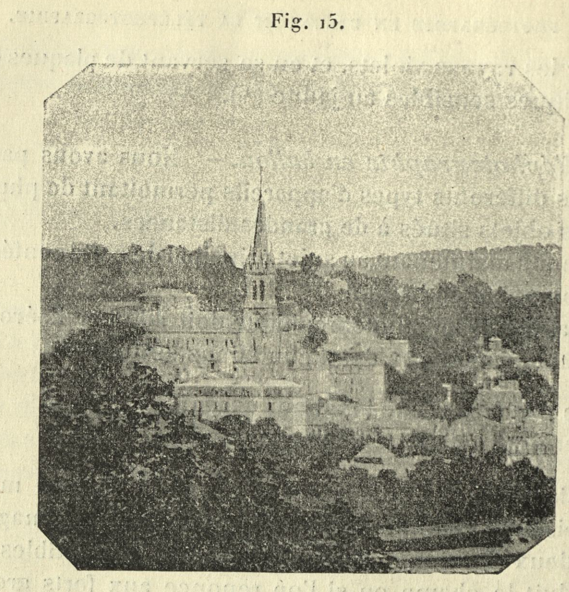
([1]) Le conférencier projette :

Une vue du dôme du Panthéon prise par le lieutenant-colonel Fribourg à 1200^{m} de distance. Grossissement : 16.

Quatre vues obtenues aux environs de Grenoble par le lieutenent-colonel Allotte de la Füye :

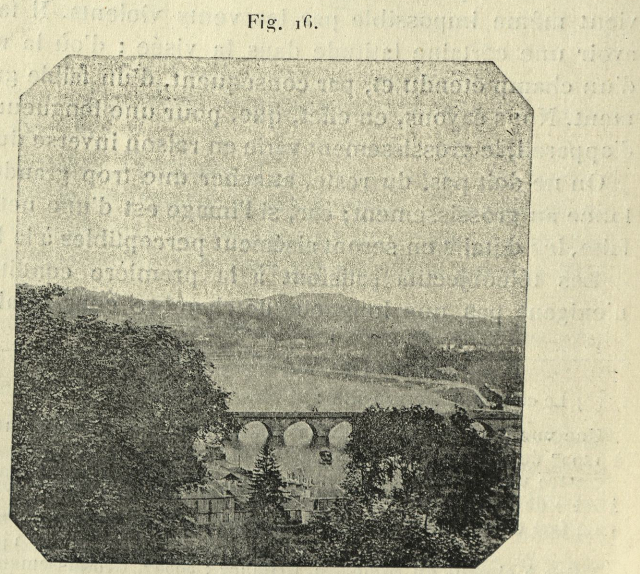
Le fort de Saint-Eynard. Distance : 5500^{m}. Grossissement : 40.
» » » 140.
Usine à ciment du Mont-Jala. Distance : 3000^{m}. Grossissement : 60.
Sommet de la montagne la Grande-Lance. Distance : 16^{km}. Grossissement : 60.

Fig. 15.



Vue téléphotographique instantanée de l'église de Saint-Cloud, prise par M. le lieutenant-colonel Fribourg, en 1891. (Distance : 2500^{m}.)

Fig. 16.

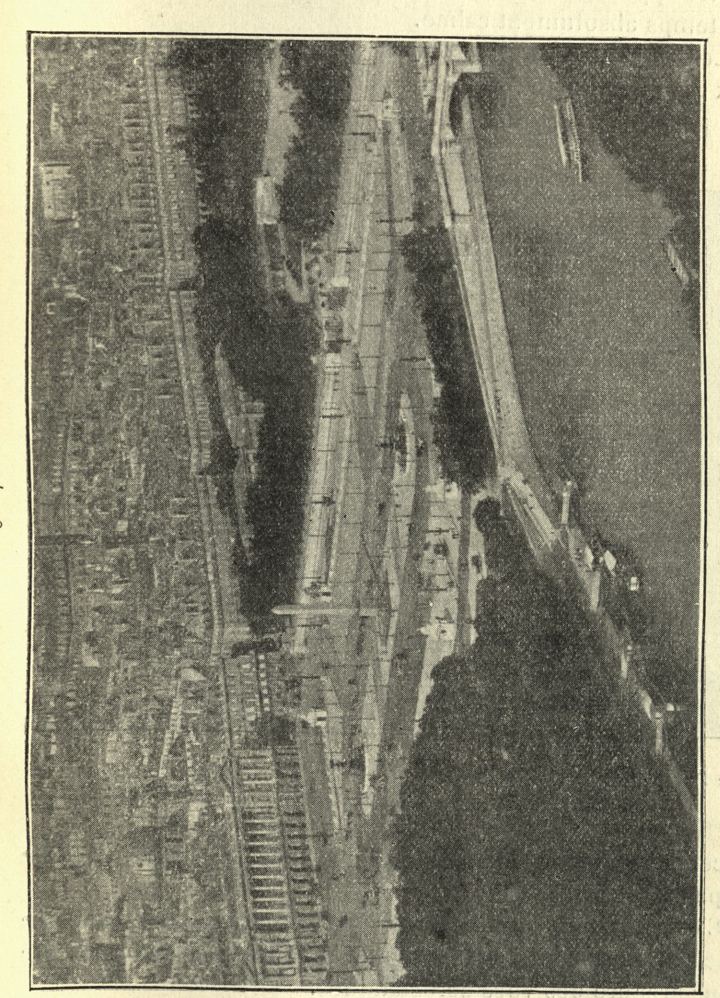


Vue de la même église prise du même point avec un appareil photographique ordinaire.

heureusement, ils ne permettent pas d'opérer avec une rapidité suffisante.

Le lieutenant-colonel Fribourg est bien parvenu à obtenir

Fig. 17.

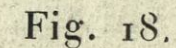


La Place de la Concorde. — Vue prise du sommet de la Tour Eiffel avec un objectif de 1m de foyer. (Distance : 2000m. — Pose : $\frac{1}{50}$ de seconde.)

des clichés instantanés d'un grossissement de 6 environ, en combinant deux objectifs extra-rapides de la série C de Dallmeyer; mais, ces objectifs étant employés avec toute leur ou-

verture, c'est à peine s'ils forment une image nette de la surface d'un cercle de $0^{m},02$ de diamètre (*fig.* 15). Aussi, avec un tel appareil, la visée n'est-elle possible en ballon que par un temps absolument calme.

Les objectifs ordinaires à long foyer satisfont, au contraire, aux deuxième et troisième conditions; toutefois, ils ne sont


Fig. 18.



Le Panthéon. — Vue prise du sommet de la Tour Eiffel avec un objectif de 1^{m} de foyer. (Distance : 4000^{m}. — Pose : $\frac{1}{50}$ de seconde.)

acceptables dans une nacelle que si leur longueur focale ne dépasse pas 1^{m}.

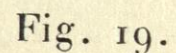
C'est un tel objectif de 1^{m} de foyer, monté sur une chambre 13×18, que le lieutenant-colonel Allote de la Füye a adopté pour prendre des vues aérostatiques.

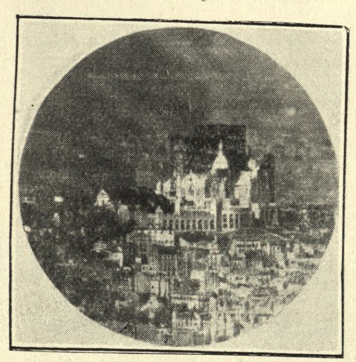
L'objectif a un grossissement de 4. L'image qu'il donne de 1^{m}, à 5000^{m}, mesurant $\frac{1}{5}$ de millimètre, est perceptible à l'œil nu.

On va projeter devant vous un certain nombre de photo-

graphies instantanées (1) obtenues avec cet appareil, soit à terre, soit en ballon, à des distances variant de 2^{km} à 6^{km}.

Ces différentes vues vous permettent de vous rendre compte de l'importance des services que sont maintenant appelées


Fig. 19.



L'Église du Sacré-Cœur. — Vue prise du sommet de la Tour Eiffel avec un objectif de 1^m de foyer.
(Distance : 5000^m. — Pose $\frac{1}{50}$ de seconde.)

à rendre, en temps de guerre, la Photographie en ballon et la Téléphotographie.

---

(1) Quatre vues prises du sommet de la tour Eiffel : la place de la Concorde (2000^m), le Panthéon (4000^m), l'église Notre-Dame (4200^m), l'église du Sacré-Cœur (5000^m);

Trois vues des environs de Belfort obtenues par le capitaine Boutlieaux à des distances de 4000^m, 4500^m et 5000^m;

Une vue du fort de Saint-Eynard prise en ballon par le lieutenant-colonel Allotte de la Füye à une distance de 5500^m.

Temps de pose : $\frac{1}{50}$ de seconde.

(Extrait des *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, 3e Sie, t. I).

27263 — Paris, Imprimerie Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.